

Naser Shakari

Open PC Server Integration -ohjelman asennus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

3.4.2018

Tekijä Otsikko	Naser Shakari Open PC Server Integration -ohjelman asennus
Sivumäärä Aika	27 sivua 3.4.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tieto- ja viestintätekniikka
Ammatillinen pääaine	Tietoverkot ja sovellukset
Ohjaaja	opettaja Tapio Wikström
<p>Insinööritöyssä oli kolme tavoitetta. Ensimmäinen tavoite oli tutkia käyttöjärjestelmän asennuksen automatisointiin tarkoitettuja työkaluja. Teorian pohjalta piti selvittää, minkälaiseen ympäristöön Open Pc Server Integration -ohjelma (OPSI) soveltuu ja mitä vaatimuksia se asettaa palvelimelle. Toinen tavoite oli asentaa väliaikaisena palvelimena toimineelle tietokoneelle Ubuntu-palvelinkäyttöjärjestelmä, johon OPSI asennetaan. OPSI:n asennuksen ohella komentorivi eli terminäli sekä komennot ovat tulleet tutuksi. Viimeinen tavoite oli asentaa OPSI:n kautta Windows 10 Professional -käyttöjärjestelmiä automatisoidusti. Tarkoitus oli korvata jo käytössä oleva Microsoft Deployment Toolkit - työkalu. Tähän ei kuitenkaan päästy kiireisen aikataulun takia. Työ tehtiin Suomen Lähetyseuralle.</p> <p>OPSI-ohjelmaa varten väliaikaiselle palvelimelle asennettiin Ubuntu-palvelinkäyttöjärjestelmä. Palvelimelle asennettiin myös graafinen käyttöliittymä työn helpottamiseksi. Väliaikaisena palvelimena toimi kannettava tietokone. OPSI-ohjelma ladattiin valmistajan sivulta, ja se asennettiin palvelimelle Terminal-ohjelmaa käyttäen.</p> <p>Lopputuloksena saatiin OPSI onnistuneesti asennettua. Tämän työn pohjalta tulevalle palvelimelle voidaan asentaa sekä Ubuntu-palvelinkäyttöjärjestelmä että OPSI-ohjelma.</p>	
Avainsanat	OPSI, MDT, Windows 10, Linux, Ubuntu

Author Title	Naser Shakari Open PC Server Integration software installation
Number of Pages Date	27 pages 3 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and Communication Technology
Professional Major	Communication Networks and Applications
Instructors	Tapio Wikström, Senior Lecturer
<p>The final year project had three objectives. One was to examine Open Pc Server Integration (OPSI) software to see in what kind of environment the software is suitable for. The second objective was to install Ubuntu Server and OPSI software to the server. Last objective was to install Windows 10 operating system via OPSI software and replace Microsoft Deployment Toolkit (MDT). The last objective of the project was not achieved. The project was done for Suomen Lähetyseura.</p> <p>For OPSI software Ubuntu Server was installed to a temporary server. The Ubuntu Server was downloaded from the developer's website. Graphical user interface was installed on the server. OPSI software was also downloaded from the developer's website and it was installed on the server using Terminal software.</p> <p>OPSI was successfully installed. Based on this project both the Ubuntu Server and the OPSI software can be installed on the future server.</p>	
Keywords	OPSI, MDT, Windows 10, Linux, Ubuntu

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Windows-käyttöjärjestelmä	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Windows 10 -käyttöjärjestelmän versiot	2
2.3	Windows 10 -käyttöjärjestelmän vaatimukset	4
2.4	Windows Server -palvelinkäyttöjärjestelmä	4
3	Windows 10 -käyttöjärjestelmän jakelutavat	5
3.1	USB-asema	5
3.2	Microsoft Deployment Toolkit -ohjelma	6
4	Ubuntu-käyttöjärjestelmä	8
4.1	Käyttöliittymä	9
4.2	Komentorivi	9
4.3	Ubuntu-käyttöjärjestelmän asennus	10
5	Lähetysseuran palvelimet	12
5.1	Väliaikaisen palvelimen tiedot.	12
5.2	Tuleva palvelin	13
6	OPSI-ohjelma	14
6.1	OPSI:n ominaisuudet	14
6.2	OPSI:n asennus	14
6.3	Hallintaliittymä	22
7	Tulokset ja yhteenveto	25
	Lähteet	27

Lyhenteet

BIOS	Basic Input and Output System. Tietokoneohjelma.
CLI	Command Line Interface. Merkkipohjainen käyttöliittymä.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol. Verkkoprotokolla, joka jakaa automaattisesti IP-osoitteen laitteelle.
DNS	Domain Name Server. Nimipalvelujärjestelmä.
GUI	Graphical User Interface. Graafinen käyttöliittymä.
IP	Internet Protocol. Internet-protokolla.
MDT	Microsoft Deployment Toolkit. Microsoftin Windows-käyttöjärjestelmän automatisointityökalu.
MySQL	Avoimen lähdekoodin tietokantaohjelmisto.
OPSI	Open PC Server Integration. Windows-käyttöjärjestelmän automatisointiin tarkoitettu ohjelma.
PXE	Preboot Execution Environment. Verkkokäynnistys.
SSH	Secure Shell. Salattuun tietoliikenteeseen tarkoitettu protokolla.
TCP	Transmission Control Protocol. Kuljetuskerroksessa sijaitseva tietoliikenneprotokolla.
TFTP	Trivial File Transfer Protocol. Yksinkertainen tiedostojen siirtoon tarkoitettu verkkoprotokolla.

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoitus on asentaa Linux-pohjaiseen palvelinympäristöön Open Pc Server Integration -ohjelma (OPSI), joka jatkossa korvaa jo käytössä olevan Microsoft Deployment Toolkitin. OPSI:n avulla Windows 10 -käyttöjärjestelmän asennus ja ylläpito voidaan automatisoida. OPSI perustuu avoimeen lähdekoodiin. Se on ilmainen työkalu ja kaikkien saatavilla.

Insinööriyö tehdään Suomen Lähetysseuralle (SLS), joka tekee työtä oikeudenmukaisen ja inhimillisen maailman puolesta. Järjestö toimii yli 30 maassa, ja sen toimipiste sijaitsee Helsingissä. Suomen Lähetysseuran henkilökuntaan kuuluu noin 260 työntekijää, ja työasemien määrä on yli 280 tietokonetta. Laitekannasta kolmannes eli noin 90 työasemaa uusitaan vuosittain. Nykyisin käytössä oleva Microsoft Deployment Toolkit -palvelin (MDT) sijaitsee Lähetysseuran omassa palvelinhuoneessa, jonne tuleva OPSI-palvelin myös sijoitetaan.

Lähtötilanteessa käytössä on valmis Microsoft-palvelinympäristö, jonka avulla Windows-työasemien asennus ja ylläpito on automatisoitu Microsoft-työkaluja hyödyntämällä. Nykyisestä Windows-pohjaisesta palvelinympäristöstä siirrytään Linux-pohjaiseen palvelinympäristöön OPSI:n yhteydessä. Syitä OPSI:iin siirtymiseen on sen pitkäaikainen tuki, helppous ja monipuolisuus. Koska kyseessä on avoimen lähdekoodin ohjelma, se on maksuton toisin kuin Windows Server -lisenssi.

Insinööriyössä on tarkoitus asentaa Ubuntu Server -käyttöjärjestelmä palvelimelle, johon myös OPSI -ohjelma asennetaan. Jatkossa Windows-käyttöjärjestelmän asennus olisi automatisoitu OPSI:a hyödyntämällä. Projektia varten tutkitaan Windows 10 -käyttöjärjestelmän automatisoituun asennukseen tarkoitettuja ohjelmia sekä muita vaihtoehtoja. OPSI asennetaan kannettavaan tietokoneeseen, joka toimii väliaikaisena palvelimena.

2 Windows-käyttöjärjestelmä

2.1 Yleistä

Windows 10 on Microsoftin kehittämä käyttöjärjestelmä, joka julkaistiin kesällä vuonna 2015. Windows 10 -käyttöjärjestelmä on vuonna 2013 julkaistun Windows 8.1 -käyttöjärjestelmän seuraaja. Tietokoneille suunnatusta Microsoft 10 -käyttöjärjestelmästä on nykyään monta eri versiota, kuten Home, Professional, Enterprise ja Education. Näiden käyttöjärjestelmäversioiden lisäksi on Windows 10 S, joka poikkeaa muista versioista. Kukin käyttöjärjestelmäversio soveltuu eri käyttötarkoituksiin. Käyttöjärjestelmäversiot on suunnattu mm. yksityiskuluttajille, yrityksille ja oppilaitoksille sekä opiskelijoille. Kaikkiin edellä mainittuihin Windows 10 -käyttöjärjestelmän versioihin voi asentaa kolmansien osapuolien ohjelmia, Windows 10 S -käyttöjärjestelmää lukuun ottamatta (1).

Microsoftin Windows-käyttöjärjestelmä ei ole ainut tietokoneille suunnattu käyttöjärjestelmä. Sen lisäksi on muitakin käyttöjärjestelmiä, kuten Applen Mac OS X ja Linux. Microsoftilla on vahva markkina-asema: sillä on lähes 90:n % markkinaosuus tietokoneiden käyttöjärjestelmistä. Kymmenen vuotta vanhalla Windows 7 -käyttöjärjestelmällä on noin 42:n % markkinaosuus ja Windows 10:llä noin 34:n % osuus. (2.)

2.2 Windows 10 -käyttöjärjestelmän versiot

Windows 10 S

Microsoft esitteli vuonna 2017 Windows 10 -käyttöjärjestelmän rinnalle opiskelijoille suunnatun Windows 10 S -käyttöjärjestelmän. Uudessa käyttöjärjestelmässä kaikki ohjelmat ladataan Windows Storen kautta. Kolmansien osapuolien ohjelmien asentaminen koneelle on estetty. Mikäli haluaa asentaa ohjelmia ja sovelluksia muualta kuin Microsoft Storesta, täytyy kone päivittää Windows 10 Pro -versioon, minkä jälkeen Windows 10 S -versioon ei pysty enää palaamaan.

Windows 10 S -käyttöjärjestelmä versio poikkeaa muista versioista todella paljon. Siinä ei esimerkiksi voi vaihtaa oletusselainta, vaikka Windows Storessa olisi muitakin selaimia saatavilla. Siinä on kuitenkin joitakin ominaisuuksia ja sovelluksia, joita ei ole Home-versiossa. Windows 10 S -versiossa on muun muassa BitLocker, muistilaitteen salausohjelma, ja siinä voi liittyä toimialueeseen. (3.)

Windows 10 Home

Windows 10 Home -käyttöjärjestelmäversio on suunniteltu yksityiskuluttajille, ja se on Windowsin karsituin versio. Siitä puuttuvat yrityksille tarkoitetut sovellukset, mm. Etätyöpöytäyhteys, Hyper-V-virtualisointialusta ja BitLocker. Tässä versiossa ei voi liittyä toimialueeseen eikä myöskään pysty vaikuttamaan päivityksiin, mikä on tietoturvan kannalta ymmärrettävää. Tässä versiossa voi esimerkiksi hallita mobiililaitteita, käyttää digitaalista avustajaa Cortanaa ja se tukee tablettitilaa. (3.)

Windows 10 Professional

Windows 10 Professional -käyttöjärjestelmä on versio, jossa on kaikki samat ominaisuudet kuin Home-versiossa, mutta paljon muutakin. Tämä versio on suunnattu pienille yrityksille tai organisaatioille, joilla ei ole tarvetta Enterprise-versioon. Windows 10 Professional -version voi myös ostaa yksityiskäyttöön, mikäli haluaa hyödyntää käyttöjärjestelmän ominaisuuksia. Windows 10 Professionalin käyttäjät voivat halutessaan lykätä päivitysten asentamista, mutta vain rajoitetun ajan (3). Tämä ominaisuus on tärkeä yrityksille, sillä ne pystyvät testaamaan uutta päivitystä muutamaan koneeseen, ja mikäli se ei toimi toivotulla tavalla, sitä ei tarvitse asentaa sitä muihin koneisiin, vaan voi lykätä päivitystä, kunnes tarjolla on vakaampi versio.

Bitlocker-ohjelma on mukana tässä versiossa. Aktivointi edellyttää USB-muistitikkua. Professional-versiosta kuitenkin puuttuu joitakin yrityksille tarkoitettuja ominaisuuksia ja sovelluksia, kuten AppLocker, Windows to Go ja Device Guard. (3.)

Windows 10 Education ja Enterprise

Windows 10 Enterprise- ja Education-versiossa on kaikki samat ominaisuudet Cortana -digitaalista avustajaa lukuun ottamatta, jota ei löydy Education-versiosta. Enterprise- ja Education-versiossa on kaikki Windows 10 -käyttöjärjestelmän ominaisuudet käytössä. Molemmissa versioissa käyttäjät voivat halutessaan lykätä päivitysten asentamista tai olla asentamatta niitä kokonaan. Windows 10 Enterprise on suunnattu yrityksille ja Education-versio on suunnattu oppilaitoksille ja opiskelijoille. (3.)

2.3 Windows 10 -käyttöjärjestelmän vaatimukset

Windows 10 -käyttöjärjestelmä on suunniteltu siten, että se ei vaadi työasemilta kovin paljon tehoa. Jos käytössä on ollut Windows 7 tai uudempi käyttöjärjestelmä, todennäköisesti ei voi päivittää Windows 10 -käyttöjärjestelmäversioon. Mutta mikäli haluaa koneen toimivan sulavasti, suositellaan työasemalta enemmän tehoa kuin minimijärjestelmävaatimukset. Eri ohjelmilla voi olla omia minimivaatimuksia. Windows 10 -käyttöjärjestelmän minimijärjestelmävaatimukset ovat seuraavat:

- Suorittimen pitäisi olla vähintään 1 GHz.
- Keskusmuisti (RAM) vähintään 1 Gt 32-bittisessä (x86) käyttöjärjestelmässä ja 2 Gt 64-bittisessä käyttöjärjestelmässä.
- Käyttömuistia 32-bittisessä 16 Gt ja 64-bittisessä 20 Gt. (versiopäivitykset voivat tarvita lisätallennustilaa).
- Näytönohjain DirectX 9 tai uudempi ja WDDM 1.0 -ohjain.
- Näytön tarkkuus vähintään 800 x 600 pikseliä. (4)

2.4 Windows Server -palvelinkäyttöjärjestelmä

Microsoft Windows Server on palvelinkäyttöjärjestelmä. Uusin palvelinkäyttöjärjestelmä on Windows Server 2016, joka nimensä mukaisesti julkaistiin vuonna 2016. Se on seuraaja Windows Server 2012 R2 -palvelinkäyttöjärjestelmälle. Käyttöjärjestelmästä on kolme eri versiota, Windows Server 2016 Datacenter, Standard ja Essentials. Eri versiot soveltuvat erilaisiin käyttötarkoituksiin. Datacenter on tarkoitettu korkean virtualisointiasteen ympäristöihin, ja siinä on rajoittamaton laitteistorajapinnan virtualisointi. Standard-versio soveltuu kevyempiin virtualisoiuihin

ympäristöihin tai fyysisiin alustoihin, ja siinä on kahden laitteistorajapinnan virtualisointi. Essentials on pilvipalveluihin saumattomasti integroitava palvelin, jossa ei ole virtualisointioikeuksia, ja siinä on rajoitetut tekniset ominaisuudet.

3 Windows 10 -käyttöjärjestelmän jakelutavat

Nykyisin uusiin tietokoneisiin on jo valmiiksi esiasennettu Windows 10 - käyttöjärjestelmä. Näin ei ole aina ollut. Esimerkiksi ennen koneen mukana tuli CD- tai DVD-levyjä, joista itse käyttöjärjestelmä asennettiin koneeseen. Yhteen tai muutamaan tietokoneeseen Windows-käyttöjärjestelmän asennus ei ole kovin työlästä, mutta isoissa yrityksissä tai organisaatiossa kyse on kymmenistä tai jopa sadoista tietokoneista. Tällöin asennukseen menee todella paljon aikaa. Kyse ei ole pelkästään käyttöjärjestelmän asennuksesta, vaan lisäksi täytyy luoda tilit, asentaa laiteohjaimet ja asentaa yrityksen tarvittavat sovellukset. Nopeuttaakseen uuden koneen asennusta tämä kaikki täytyisi automatisoida. Vaihtoehtoja on monia, kuten USB-aseman, MDT:n ja myöhemmin käsiteltävän OPSI:n avulla.

3.1 USB-asema

Käyttöjärjestelmän kloonaus on yksi tapa automatisoida käyttöjärjestelmien asennus. Kloonauksessa asennetaan mallikoneeseen käyttöjärjestelmä, organisaation tarvitsemat ohjelmat ja tietokoneen tarvitsemat laiteohjaimet, josta luodaan levykuva erilliselle media-asemalle, kuten USB-asemalle. Levykuva eli "image" on tilannevedos valmiiksi asennetun työaseman asetuksista, ohjelmistoista ja laiteohjaimista eli ajureista. USB-asemalta voidaan jakaa käyttöjärjestelmä asennettaviin työasemiin. Vakiolevykuva yksinkertaistaa ja nopeuttaa asennusprosessia ja vähentää mahdollisia virheitä, joita asetusten valitseminen käsin saattaa joskus aiheuttaa. Nyt käytössä on vasta yksi levykuva, joka asentuu vain yhteen laitevalmistajan työasemamalliin. Näin ollen jokaiseen työasemamalliin joudutaan luomaan oma levykuva.

Levykuvan asentaminen USB-asemalta on toimiva ratkaisu, mutta kun kyseessä on monta eri tietokonemallia, täytyy jokaisesta tehdä erikseen oma levykuva ja siirtää se ulkoiselle media-asemalle. Asennus USB-asemalta on aikaa vievää, ja lisäksi organisaatio tarvitsee paljon levytilaa jokaista mallikohtaista tallennettua

levy kuvaa varten. Tämä aiheuttaa yrityksille ylimääräisiä kustannuksia. Vaikka yrityksen kaikilla työntekijöillä olisi käytössä sama tietokonemalli, on mahdollista, että heillä olisi työasemilla eri sovellukset erilaisilla asetuksilla.

3.2 Microsoft Deployment Toolkit -ohjelma

MDT -palvelin

Suomen Lähetysseuralla on nykyisin käytössä Microsoft Deployment Toolkit (MDT), jonka avulla Windows 10 -käyttöjärjestelmän asennus on automatisoitu. Sekä palvelin että palvelinkäyttöjärjestelmä ovat yli 10 vuotta vanhoja. Käytössä on HP Proliant dl360 g5 -palvelin, jossa on Windows 2008R Server -palvelinkäyttöjärjestelmä. Palvelimeen saadaan etäyhteys Windows 10 -käyttöjärjestelmän Etätyöpöytäyhteys-ohjelmalla. Etäyhteyden avulla palvelimelle voidaan tarvittaessa lisätä uusia laiteohjaimia, käyttöjärjestelmiä tai ohjelmia. Palvelimella on kahdeksan SAS-kiintolevyä, yhteismuistiltaan yli 700 Gt, ja ne ovat RAID 5 -tilassa.

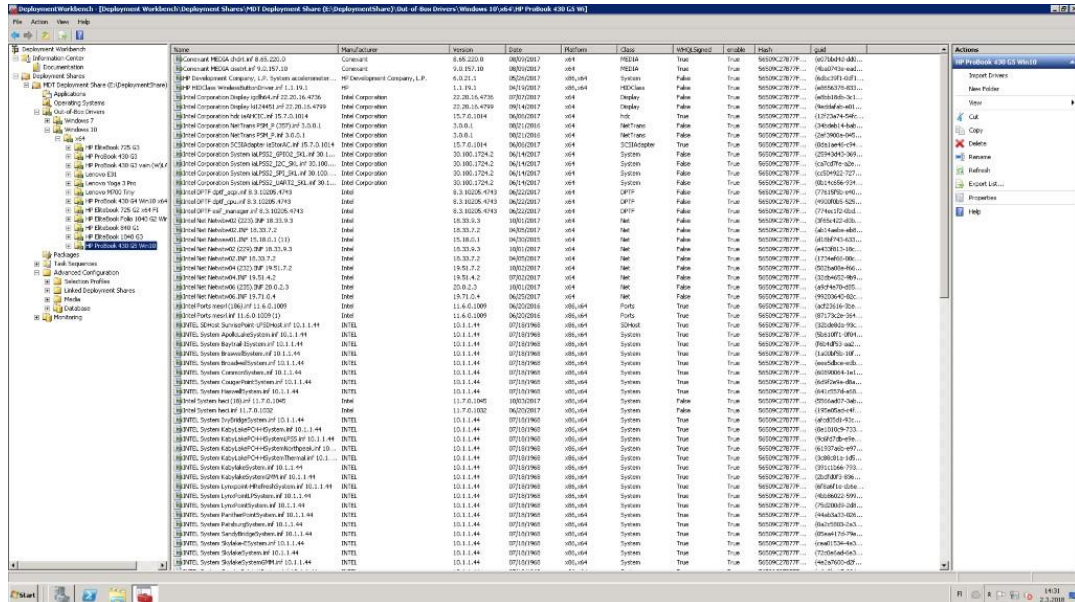
Asennukset MDT:n avulla

MDT on Microsoftin kehittämä työkalu, jonka avulla Windows-käyttöjärjestelmän asennus voidaan automatisoida. MDT:n kaikkia perusominaisuuksia hallitaan Deployment Workbench -nimisen ohjelman kautta (kuva 1). Sen avulla voidaan luoda ja hallinnoida Deployment Share -jakoja ja lisätä jakoihin ohjelmia, käyttöjärjestelmälevykuvia, ajureita ja paketteja. Paketit voivat olla esimerkiksi käyttöjärjestelmäpäivityksiä tai käyttöjärjestelmien kielipaketteja. Lisättäessä Deployment Shareen useiden tietokonemallien laiteohjaimia voidaan valintaprofiilien avulla määrittää tietyn tietokonemallin kaikki laiteohjaimet yhdeksi kokonaisuudeksi.

MDT:n avulla voidaan määrittää muun muassa seuraavat Windowsin asennuksessa tarvittavat ominaisuudet:

- laiteohjaimien asennus
- ohjelmistojen asennus

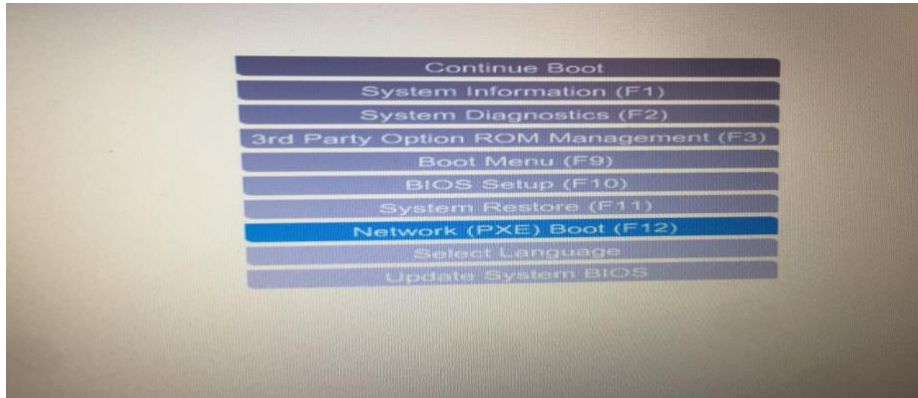
- päivitysten asennus
- asetusten muuttaminen
- ominaisuuksien käyttöönotto tai poistaminen käytöstä.



Kuva 1. MDT:n Deployment Workbench -hallintäkymä.

Suomen Lähetyssuuralla käytössä olevan MDT:n kautta hoidetaan Windows 10 Professional -käyttöjärjestelmien asennus. Käyttöjärjestelmän lisäksi asennetaan muun muassa laiteohjaimet ja käyttäjätilit ja lisätään koneet toimialueeseen eli ”domainiin”. Yhtään ohjelmaa ei asenneta MDT:n avulla. Kaikki ohjelmat tulevat Microsoft Intunen kautta. Koska laitteisto on vanha, siinä olevan verkkosovittimen takia MDT:lle saadaan vain kaksi samanaikaista yhteyttä.

BIOS -valikosta (kuva 2) valitaan ”Network (PXE) Boot”, kun koneelle asennetaan käyttöjärjestelmä verkon kautta.



Kuva 2. BIOS -valikko.

Tämän jälkeen kone lataa palvelimelta tässä tapauksessa Windows 10 -käyttöjärjestelmän. Network (PXE) Boot vaatii verkkoyhteyden, ja koneen pitäisi olla MDT-palvelimen kanssa samassa verkossa.

4 Ubuntu-käyttöjärjestelmä

Ubuntu on tietokoneille tarkoitettu ilmainen Linux-käyttöjärjestelmä, joka toimitetaan avoimen lähdekoodin vapaana ohjelmistona. Ubuntun kehitystä rahoittaa brittiläinen Canonical Ltd -niminen yritys. Ubuntusta julkaistaan päivitetty versio säännöllisesti puolen vuoden välein. Tämä takaa Ubuntun toimivan myös uusimmissa tietokoneissa vanhojen mallien lisäksi. Päivitykset uusiin versioihin ovat nyt ja jatkossakin maksuttomia (5.)

Linuxin käyttöjärjestelmäytimen kehitti suomalainen opiskelija Linus Torvalds vuonna 1991. Hän on edelleen kehittämässä sitä ja on nykyään projektikoordinaattori (6). Linux on Ubuntun käyttämä käyttöjärjestelmän ydin ja osa tietokoneen toimintaa. Se tarjoaa yhteyden ohjelmien ja laitteiston välille.

Ubuntun versionumerointi perustuu julkaisun päivämäärään eli vuoteen ja kuukauteen. Esimerkiksi Ubuntu 16.04, jonka epävirallinen kutsumanimi on "Xenial Xerus", on julkaistu huhtikuussa vuonna 2016. Joka toinen vuosi Ubuntusta julkaistaan pitkäaikaistuen versio. Käyttöjärjestelmistä on usein LTS-versio, joita tuetaan viisi vuotta (6). LTS on lyhenne sanoista "Long Term Support", joka tarkoittaa, että siinä on pitkäaikainen tuki.

"Ubuntun perusperiaatteita ovat, ilmaisuus, helppokäyttöisyys, monikielisyys ja sitoutuminen avoimen lähdekoodin ohjelmistoihin" (6).

4.1 Käyttöliittymä

Käyttöliittymällä tarkoitetaan käyttöjärjestelmän, ohjelman tai laitteen osaa, jonka avulla käyttäjä lähettää ja vastaanottaa tietoa (7). Merkkipohjainen käyttöliittymä näyttää tekstiä, ja siinä komennot annetaan yleensä kirjoittamalla näppäimistöltä komentoriville. Graafisessa käyttöliittymässä toiminnot suoritetaan esimerkiksi hiirellä klikkaamalla kuvakkeita ja valikoita, kuten Windows 10 -käyttöjärjestelmissä.

Merkkipohjainen käyttöliittymä

Nykyiset graafiset käyttöliittymät ovat kehittyneet tekstipohjaisista käyttöliittymistä. Joitain käyttöjärjestelmiä voi edelleen käyttää myös merkkipohjaisen käyttöliittymän kautta. Tällöin komennot annetaan näppäimistön kautta käskyinä.

Graafinen käyttöliittymä

Nykyisissä käyttöjärjestelmissä pääasiallinen käyttöliittymä on graafinen, eli järjestelmän käyttö perustuu käskyjen kirjoittamisen sijaan graafisten objektien hallintaan. Yleensä graafisten käyttöliittymien perusidea on varsin samanlainen, joten kun tuntee esimerkiksi Windowsin käyttöliittymän, osaa todennäköisesti käyttää myös esimerkiksi Ubuntua.

4.2 Komentorivi

Ubuntua voi käyttää myös komentoriviltä, jota kutsutaan myös komentokehotteeksi. Sitä myös kutsutaan nimillä "terminal" tai "CLI" (command line interface). Komentorivillä järjestelmää ohjataan kirjoittamalla erilaisia komentoja (taulukko 1). Tämä on todella tehokas ja nopea tapa käyttää Ubuntua, mutta vaatii hieman opettelua ja totuttelua graafisiin käyttöliittymiin tottuneelle.

Taulukko 1. Esimerkki Linux-komennoista.

<code>ls</code>	Listaus hakemiston tiedostoista
<code>ls -l</code>	Yksityiskohtainen listaus hakemiston tiedostoista
<code>cd Documents</code>	Siirtyy Documents-hakemistoon
<code>cd ~</code>	Siirtyy käyttäjän kotihakemistoon
<code>cd ..</code>	Siirtyy yläkansioon
<code>nano</code>	Tekstinkäsittelyohjelma, muokataan tiedostoa nano /etc/host
<code>vim</code>	Tekstinkäsittelyohjelma, muokataan tiedostoa vim /etc/host
<code>apt-get</code>	Ohjelmapakettien hallinta
<code>aptitude</code>	Ohjelmapakettien hallinta
<code>sudo</code>	Pääkäyttäjän oikeudet
<code>sudo -u</code>	Käyttäjän vaihto
<code>mkdir</code>	Luodaan kansio
<code>sudo apt-get install firefox</code>	Asentaa ohjelman Mozilla Firefox

Ubuntussa on käytössä tietoturvallisuuden vuoksi sudo-järjestelmä. Tämä tarkoittaa sitä, että vain admin-ryhmän käyttäjä voi suorittaa komentoja pääkäyttäjäoikeuksin. Ubuntun oletus on, että asennuksessa luotu käyttäjä lisätään admin-ryhmään, ja mahdolliset muut käyttäjät eivät saa sudon käyttöoikeutta oletuksena.

4.3 Ubuntu-käyttöjärjestelmän asennus

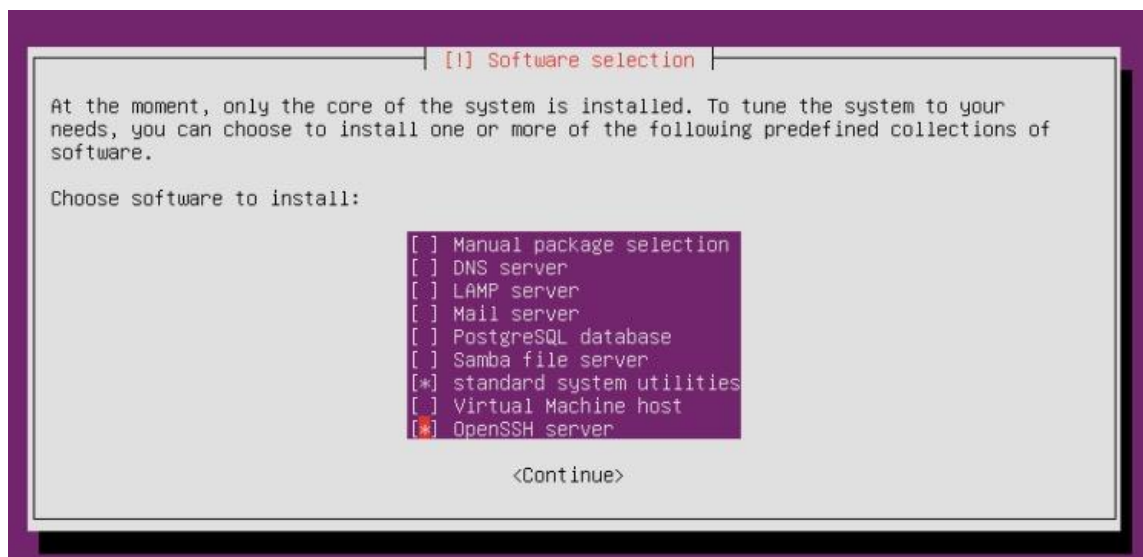
Koska OPSI toimii Linux-pohjaisella palvelimella, täytyy palvelimelle asentaa Ubuntu-palvelinkäyttöjärjestelmä. Käyttöjärjestelmä asennettiin väliaikaiselle palvelimelle USB-muistitikulta, johon oli jo valmiiksi ladattu Ubuntu 16.04 Server -käyttöjärjestelmä. Tämä käyttöjärjestelmä on palvelinkäyttöjärjestelmä, ja se on ladattavissa valmistajan kotisivuilla.

Palvelimena toimivan tietokoneen BIOS-asetuksista valittiin käynnistyslevyksi USB-asema, joten seuraavalla käynnistyskerralla päästiin näkymään, josta itse Ubuntu-käyttöjärjestelmä asennetaan. Kun uutta käyttöjärjestelmää asennetaan, voidaan valita, poistetaanko olemassa oleva käyttöjärjestelmä, jolloin kaikki tiedostot poistetaan koneelta, vai asennetaanko Ubuntu-käyttöjärjestelmä vanhan käyttöjärjestelmän

rinnalle. Tässä tapauksessa asennetaan Ubuntu-käyttöjärjestelmä, minkä yhteydessä koneelta poistetaan jo olemassa oleva käyttöjärjestelmä.

Asennuksen ensimmäisessä vaiheessa määritetään käyttöjärjestelmän kieli, näppäimistön kieli ja sijainti. Sijainniksi valittiin Suomi, jotta aikavyöhyke olisi oikea, mutta kieleksi valittiin englanti, sen vuoksi, että terminologian kanssa ei tulisi ongelmia.

Seuraavaksi määritetään palvelimen nimi ja salasana sekä asennetaan asennuksen yhteydessä muutama ohjelma. Suositellaan asentamaan ”OpenSSH server” ja ”standard system utilities”. Kuvan 3 ohjelmat voidaan asentaa myös käyttöjärjestelmän asennuksen jälkeen.



Kuva 3. Ohjelmien asennus palvelimelle

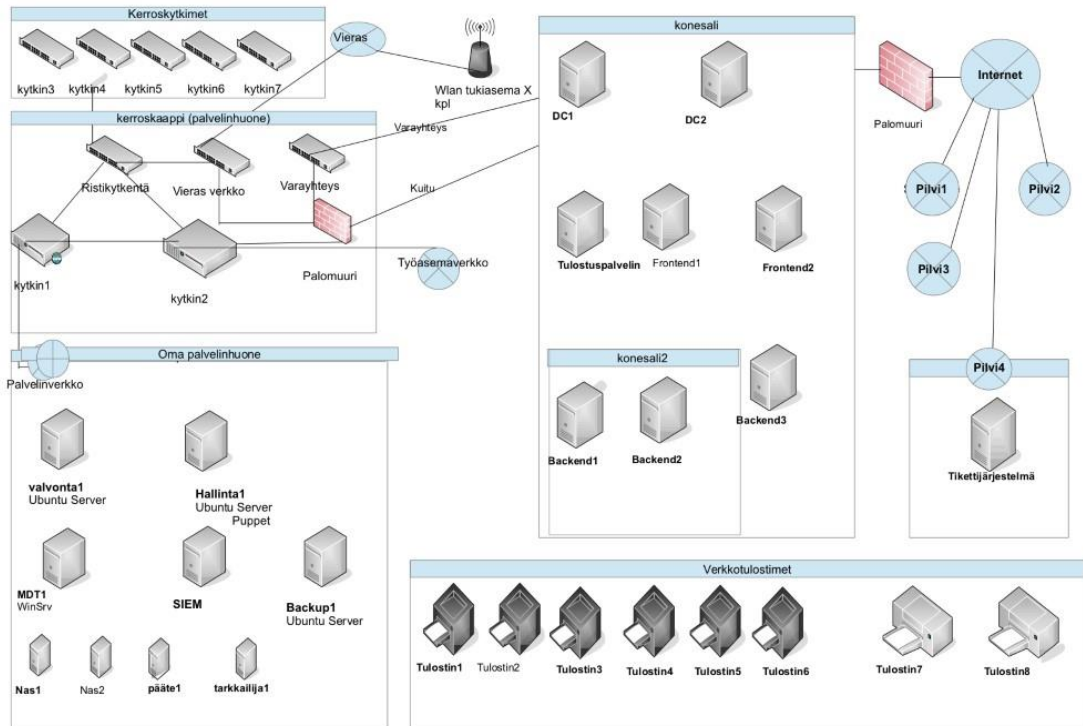
Kun käyttöjärjestelmä on asennettu onnistuneesti, voidaan muistikortti poistaa ja käynnistää palvelin uudelleen. Jatkossa ei enää tarvita USB-muistitikkua, vaan käynnistys tapahtuu normaalisti.

Kun palvelin käynnistyy, siinä on merkkipohjainen käyttöliittymä. Palvelinkoneelle saadaan asennettua graafinen käyttöliittymä kirjoittamalla seuraava komento:

```
sudo apt-get install ubuntu-desktop
```


5 Lähetyssseuran palvelimet

Suurimmassa osassa palvelimia, jotka sijaitsevat Lähetyssseuran omassa palvelinhuoneessa, on Ubuntu-käyttöjärjestelmä. Kuten kuvasta 4 nähdään, vain MDT käyttää tällä hetkellä Windows Server -käyttöjärjestelmää.



Kuva 4. Palvelimet ja muut laitteistot.

5.1 Väliaikaisen palvelimen tiedot.

Testiympäristössä palvelimena toimi kannettava tietokone HP ProBook 430 G5 (kuva 5). Tämä tietokonemalli on uusin Lähetyssseuralla käytössä oleva malli. HP ProBook -koneeseen oli asennettu Ubuntu 16.04 Server -käyttöjärjestelmä. Tietokoneessa oli 8 Gt keskusmuistia, 256 Gt:n kiintolevy, Intelin seitsemännen sukupolven neliytiminen i5-prosessori ja 13,3 tuuman Full HD -näyttö. Koneen tekniset tiedot täyttivät Ubuntu-käyttöjärjestelmän vaatimukset, ja se soveltui hyvin väliaikaiseksi palvelimeksi. Kannettava tietokone toimi väliaikaisena palvelimena.



Kuva 5. Väliaikainen palvelin HP ProBook 430 G5.

5.2 Tuleva palvelin

Suomen Lähetyssseuralla on tarkoitus tilata oma palvelin, joka toimii Ubuntu-palvelinkäyttöjärjestelmällä. Palvelimeen asennetaan sama OPSI, ja se sijoitetaan Lähetysseuran omaan palvelinhuoneeseen. OPSI asettaa tulevalle palvelimelle laitteistovaatimukset. OPSI:n vähimmäisvaatimukset ovat seuraavat:

- 2 Gt keskusmuistia
- 60 Gt:n kiintolevy (9).

Palvelimella suositellaan kuitenkin olevan vähintään neljä gigatavua keskusmuistia ja prosessorin osalta vähintään kaksi ydintä (9). On huomioitava, että levykuvat vievät paljon tilaa, mikäli niitä on useampia. Tämän takia kiintolevyn kapasiteetin kannattaa olla paljon suurempi.

6 OPSI-ohjelma

6.1 OPSI:n ominaisuudet

OPSI on saksalaisen GmbH-yrityksen kehittämä ja julkaisema avoimen lähdekoodin lisenssi eli käytännössä maksuton ohjelma. OPSI-ohjelmalla voi asentaa sekä Linux- että Windows-käyttöjärjestelmiä automatisoidusti. OPSI:n kautta voidaan hallita ja asentaa Windows 7 tai uudempia käyttöjärjestelmiä. OPSI:n ominaisuudet on luokiteltu taulukossa 2. OPSI soveltuu organisaatioille, jossa on alle 1 000 työasemaa.

Taulukko 2. OPSI:n ominaisuudet.

Automaattinen käyttöjärjestelmän jakelu
Ohjelmistojen jakelu
Lisenssien hallinta
Laitteiston ja ohjelmiston inventaario

Kun palvelimena toimii tavallinen kannettava tietokone, voidaan itse asennus suorittaa palvelinkoneella eikä näin ollen tarvitse ottaa palvelimeen etäyhteyttä esim. Putty-ohjelmalla. Käytännössä tässäkin tapauksessa voidaan asennus hoitaa esimerkiksi juuri Putty-ohjelman avulla, mutta sitten tarvitaan ylimääräinen kone. Palvelimella oleva graafinen käyttöliittymä ei ole välttämätön, mutta jossain tapauksissa se helpottaa projektia, esimerkiksi IP-osoitteen tarkistamisessa ja verkkoyhteyksien tarkistamisessa.

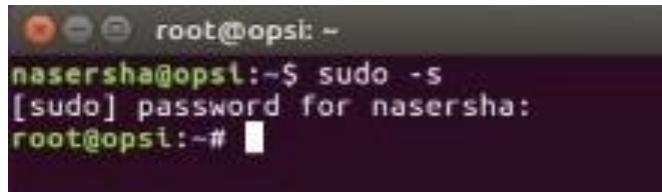
6.2 OPSI:n asennus

Käyttäjän vaihto

Kun OPSI-ohjelma on ladattu kehittäjän sivulta, se täytyy asentaa palvelimelle. OPSI:n asennus hoituu Linuxin terminaalissa komentoja käyttämällä. Jos on kirjautuneena tavallisena käyttäjänä, oikeudet eivät riitä, joten täytyy usein kirjoittaa komennon eteen "sudo". Jotta tältä välttyään, asennetaan OPSI -ohjelma "root" eli

pääkäyttäjänä. Root-käyttäjä on oikeuksiltaan vahvin käyttäjä. Käyttäjä vaihdetaan kuvan 6 komennolla, ja sitten syötetään pääkäyttäjän salasana, joka määriteltiin käyttöjärjestelmän yhteydessä. Salasana ei näy kirjoittaessa, kuten kuvassa 6 näkyy.

```
# sudo -s
```



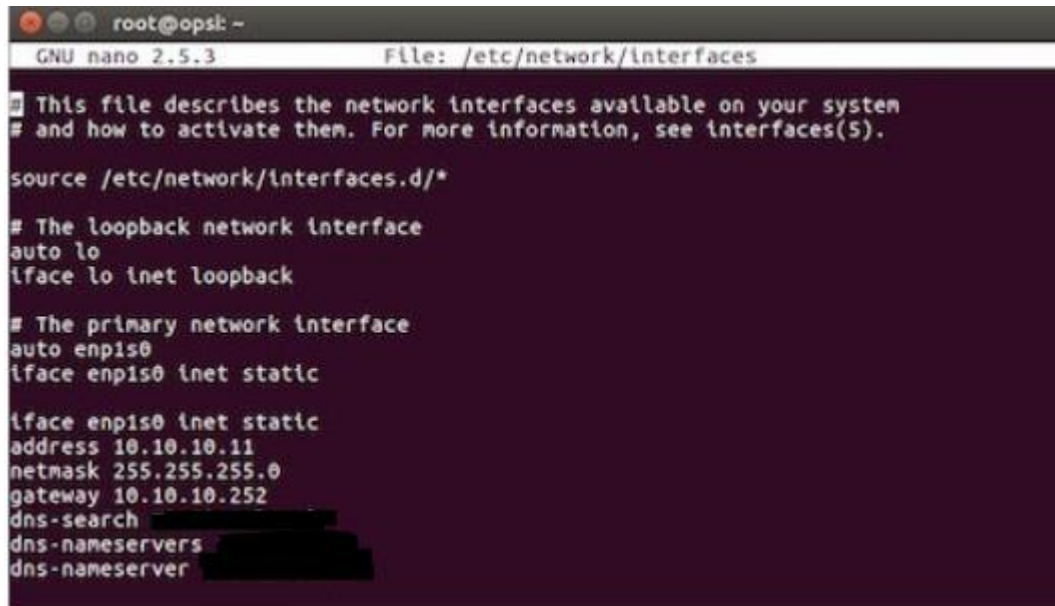
Kuva 6. Käyttäjän vaihto palvelimella.

IP-osoitteisto

Ensimmäiseksi täytyy määrittää IP-osoitteet. Palvelimelle täytyy antaa kiinteä IP-osoite, jolloin se ei vaihdu. Annettu IP-osoite on Lähetyseuran sisäverkossa oleva osoite. IP-osoite saadaan määritettyä muokkaamalla tekstitiedosto oikeasta hakemistosta. Lähetyseuran ”doimain” eli toimialue on ”*****” ja ”default gateway” eli oletusyhdyskäytävä on reitittimen IP-osoite. DNS-nameserver on nimipalvelimen IP-osoite. Oletuksena DHCP on päällä, ja se antaa automaattisesti uuden IP-osoitteen uusille lähiverkkoon kytkeytyville laitteille.

Avataan Nano-editorissa interfaces-niminen tiedosto (kuva 7), ja sieltä määritellään palvelimen IP-osoite, verkkopeite, yhdyskäytävä, toimialue ja DNS-nimipalvelin. Nämä parametrit on määritetty ”enp1s0”-liitännälle, joka on ensisijainen verkko tässä tapauksessa. Alla olevalla komennolla päästään määrittämään tarvittavat osoitteet:

```
# nano /etc/network/interfaces
```



```

root@opsi: ~
GNU nano 2.5.3 File: /etc/network/interfaces

# This file describes the network interfaces available on your system
# and how to activate them. For more information, see interfaces(5).

source /etc/network/interfaces.d/*

# The loopback network interface
auto lo
iface lo inet loopback

# The primary network interface
auto enp1s0
iface enp1s0 inet static

iface enp1s0 inet static
address 10.10.10.11
netmask 255.255.255.0
gateway 10.10.10.252
dns-search 
dns-nameservers 
dns-nameserver 

```

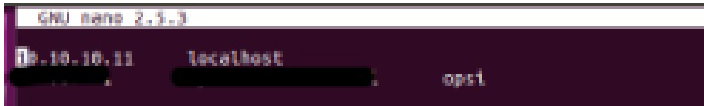
Kuva 7. Palvelimen interfaces-tiedosto.

Jotta muokkaukset tallennetaan ja astuvat voimaan, täytyy verkkopalvelut käynnistää uudelleen seuraavalla komennolla:

```
# /etc/init.d/networking restart
```

Tämän jälkeen tarkistetaan palvelimen IP-osoite (kuva 8).

```
# nano /etc/hosts
```



```

GNU nano 2.5.3

10.10.10.11 localhost
opsi

```

Kuva 8. Palvelimen hosts-tiedosto.

Tarvittavat asennukset

Ennen OPSI:n asentamista on hyvä päivittää järjestelmä ajan tasalle. Päivittäminen onnistuu seuraavalla kahdella komennolla:

```
# apt-get update
# apt-get upgrade
```

Asennetaan aptitude, joka on pakettienhallintajärjestelmä, ja sen avulla nähdään, mitä paketteja on asennettu, päivitetty tai poistettu:

```
# apt-get install aptitude
```

Asennetaan kaikki OPSI:n vaatimat ohjelmat, kuten Samba ja MySQL seuraavalla komennolla. MySQL:in asennuksen yhteydessä luodaan salasana, jota tarvitaan jatkossa.

```
# aptitude install wget lsof host p7zip-full cabextract openbsd-inetd pigz
samba samba-common smbclient cifs-utils mysql-server
```

Luodaan opsi.list-niminen tiedosto source.list-hakemistoon:

```
# nano /etc/apt/sources.list.d/opsi.list
```

Tiedostoon kirjoitetaan seuraava teksti:

```
deb http://download.opensuse.org/repositories/home:/uibmz:/opsi:/opsi40/xUbuntu
_16.04 ./
```

Sivun päätte riippuu siitä, mihin käyttöjärjestelmäversioon OPSI asennetaan. Tässä tapauksessa päätte on xUbuntu_16.04, koska palvelimen käyttöjärjestelmä on Ubuntu 16.04. Ubuntu 16.04 tukee sekä OPSI 4.1:tä, että vanhempaa OPSI 4.0.7 -versiota.

Tämän jälkeen haetaan "signature" eli allekirjoitus seuraavalla komennolla:

```
# wget -O -
http://download.opensuse.org/repositories/home:/uibmz:/opsi:/opsi40/xUbuntu_16
.04/Release.key | sudo apt-key add -
```

Varmistus saadaan kirjoittamalla seuraava komento, jolloin saadaan lista luotetuista avaimista. "Trusted key" näkyy kuvassa 9.

```
# apt-key list
```

```

nasersha@opsi:~$ sudo apt-key list
[sudo] password for nasersha:
/etc/apt/trusted.gpg
-----
pub   1024D/437D05B5 2004-09-12
uid          Ubuntu Archive Automatic Signing Key <ftpmaster@ubuntu.com>
sub   2048g/79164387 2004-09-12

pub   4096R/C0B21F32 2012-05-11
uid          Ubuntu Archive Automatic Signing Key (2012) <ftpmaster@ubuntu.com>

pub   4096R/EFE21092 2012-05-11
uid          Ubuntu CD Image Automatic Signing Key (2012) <cdimage@ubuntu.com>

pub   1024D/FBB75451 2004-12-30
uid          Ubuntu CD Image Automatic Signing Key <cdimage@ubuntu.com>

pub   2048R/D8361F81 2017-09-30 [expires: 2019-12-09]
uid          home:uibmz:opsi OBS Project <home:uibmz:opsi@build.opensuse.org>

```

Kuva 9. Lista luotetuista avaimista "trusted key".

Suoritetaan seuraavat komennot äsken lisättyjen asennustiedostojen lataamista varten.

```

# aptitude update
# aptitude safe-upgrade

```

TFTPD on tiedonsiirron protokolla, joka poistetaan, koska OPSI vaati kehittyneempää versiota eli ATFTPD (Advanced TFTPD):

```

# aptitude remove tftpd
# update-inetd -remove tftpd
# aptitude install opsi-atftpd

```

Asennetaan OPSI-depotserver:

```

# aptitude install opsi-depotserver

```

Palvelimelle on jo asennettu Java Runtime Environment ("JRE") 8 Ubuntu-käyttöjärjestelmän asennuksen yhteydessä. OPSI:n asennusta varten joudutaan asentamaan uusin JRE 9 version. Javan asennuksen jälkeen päivitetään järjestelmä:

```

# apt-get install default-jre
# apt-get install openjdk-9-jre
# apt-get update && apt-get safe-upgrade
# aptitude install opsi-configed

```

MySQL:n asennus

Kaikki asiakaskoneen tiedot kerätään ja tallennetaan MySQL-tietokantaan. MySQL-versiossa 5.7 on oletuksena "stric mode" päällä, joka estää suorittamasta seuraavaa komentoa:

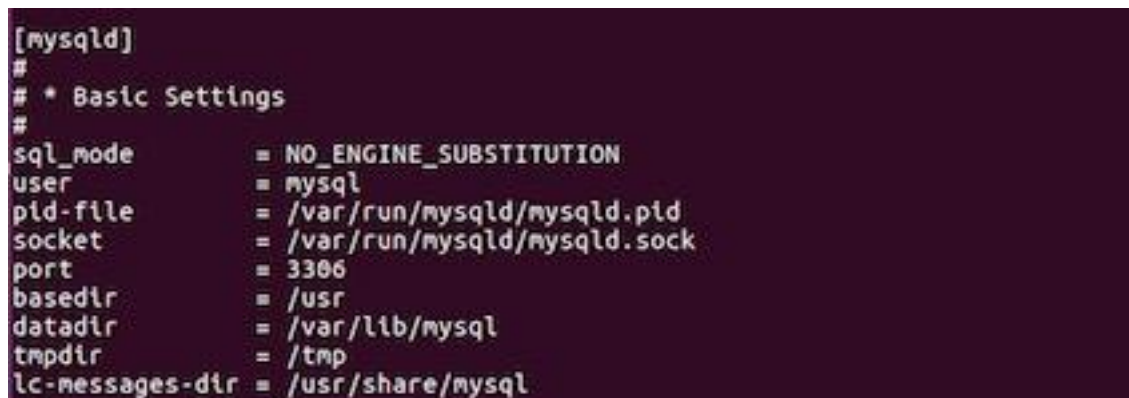
```
# opsi-setup --configure-mysql
```

Tämän takia mysql.cnf-tiedostoa täytyy muokata:

```
# nano /etc/mysql/mysql.conf.d/mysqld.cnf
```

Kirjoitetaan tiedostoon alla oleva teksti, kuten kuvassa 10:

```
sql_mode = NO_ENGINE_SUBSTITUTION
```



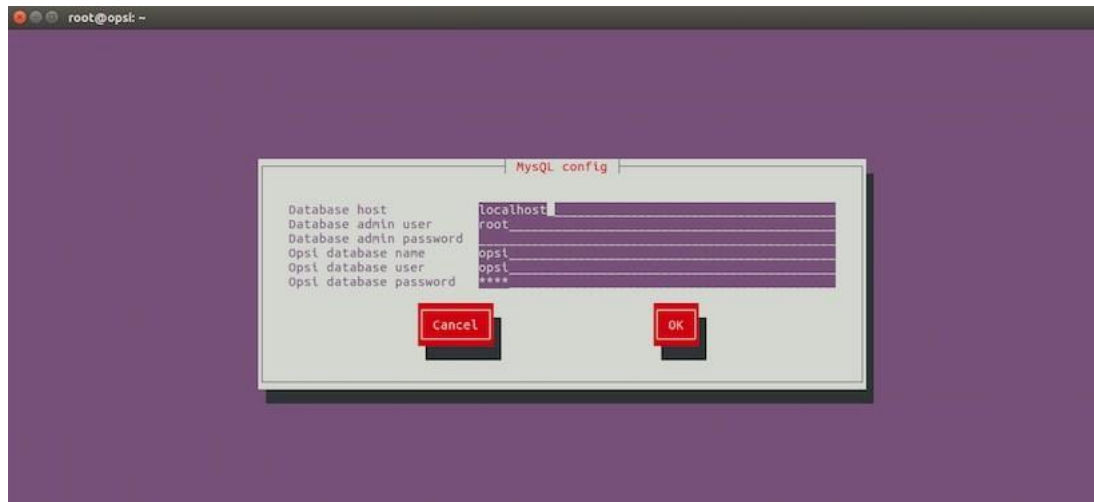
```
[mysqld]
#
# * Basic Settings
#
sql_mode            = NO_ENGINE_SUBSTITUTION
user                = mysql
pid-file            = /var/run/mysqld/mysqld.pid
socket              = /var/run/mysqld/mysqld.sock
port                = 3306
basedir             = /usr
datadir             = /var/lib/mysql
tmpdir              = /tmp
lc-messages-dir     = /usr/share/mysql
```

Kuva 10. Mysql.cnf-tiedosto

Nyt voidaan suorittaa seuraava komento:

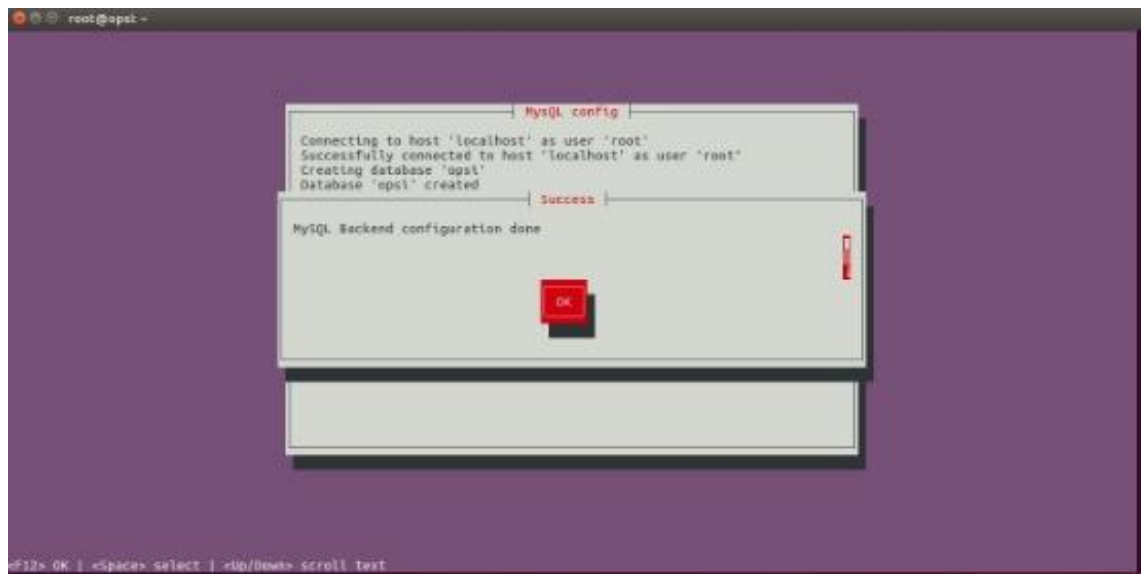
```
# opsi-setup --configure-mysql
```

Kun edellä oleva komento on suoritettu, pitäisi näkymän olla kuvan 11 mukainen.



Kuva 11. MySQL:n konfigurointi.

Oletuksena olevat tiedot voi jättää sellaisenaan, tai niitä voi muokata. Kun MySQL on määritetty onnistuneesti, se näyttää kuvan 12 mukaiselta.



Kuva 12. MySQL:n konfigurointi on valmis.

OPSI:n uudelleenkäynnistys

Seuraavilla komennoilla annetaan käyttöoikeudet ja käynnistetään OPSI uudelleen:

```
# opsi-setup --init-current-config
```

```
# opsi-setup --set-rights
# service opsid restart
# service opsipxe confd restart
```

Pcpatch-käyttäjän luonti.

Luodaan pcpatch-niminen käyttäjä ja annetaan sille tarvittavat oikeudet. Samba-määritykset, joita OPSI vaatii:

```
# opsi-setup --auto-configure-samba
```

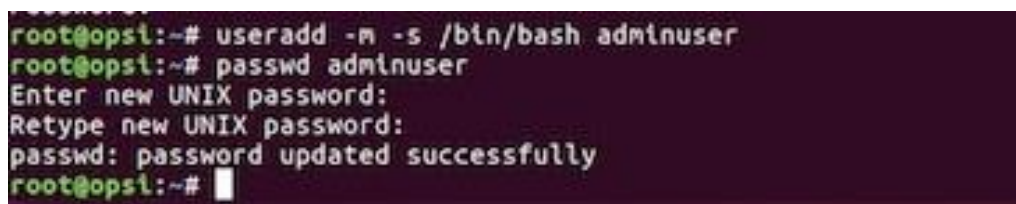
Pcpatch-käyttäjä voi asentaa ohjelmistoja asiakaskoneeseen ja pääsee käsiksi isäntäkoneiden konfiguraatietietoihin. Luodaan käyttäjälle myös salasana:

```
# opsi-admin -d task setPcpatchPassword
```

Adminuser-käyttäjän luonti.

Luodaan adminuser-niminen käyttäjä kuvan 13 mukaisesti:

```
# useradd -m -s /bin/bash adminuser
# passwd adminuser
#sudo smbpasswd -a adminuser
```



```
root@ops1:~# useradd -m -s /bin/bash adminuser
root@ops1:~# passwd adminuser
Enter new UNIX password:
Retype new UNIX password:
passwd: password updated successfully
root@ops1:~#
```

Kuva 13. Adminuser-käyttäjä.

Lisätään käyttäjät ryhmiin ja annetaan tarvittavat oikeudet:

```
#sudo usermod -aG opsiadmin adminuser
#sudo usermod -aG pcpatch adminuser
#sudo opsi-setup -patch-sudoers-file
```

Viimeinen komento ja sitten asennus on valmis:

```
#sudo opsi-product-updater -i -vv
```

Nyt on kaikki tarvittavat paketit asennettu ja OPSI:n pitäisi toimia. Kaikki luodut ja tarvittavat käyttäjätunnukset ovat taulukossa 3.

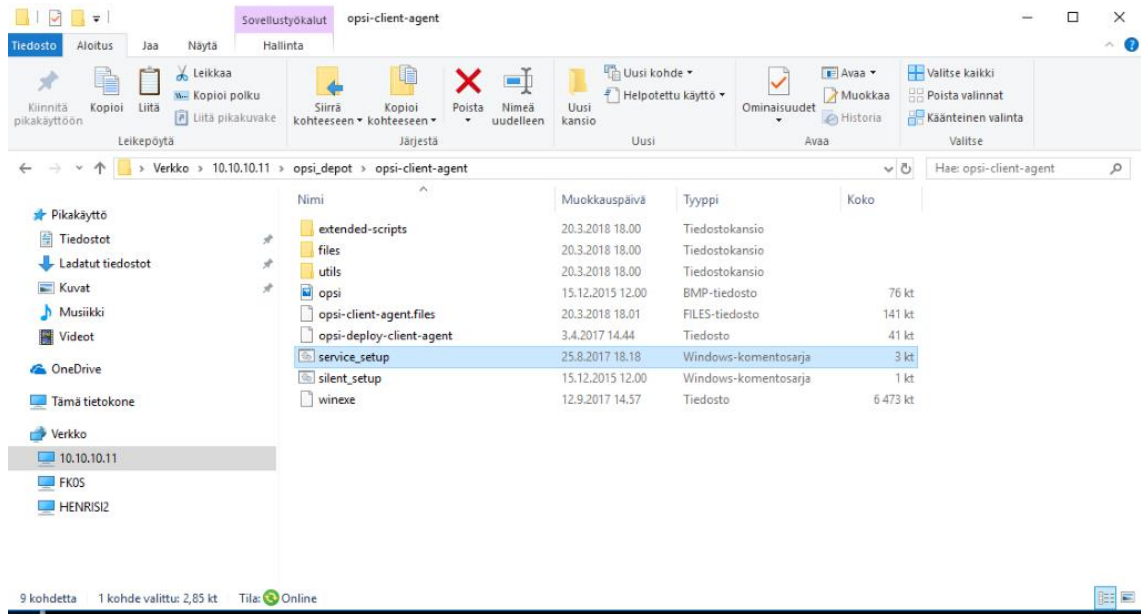
Taulukko 3. Tarvittavat käyttäjätilit.

Käyttäjätunnus	Järjestelmä	Salasana
root	Ubuntu	Sha*****
nasersha	Ubuntu	Sha*****
järjestelmänvalvoja	Windows	Sha*****
adminuser	OPSI	Sha*****
pcpatch	OPSI	Sha*****

6.3 Hallintaliittymä

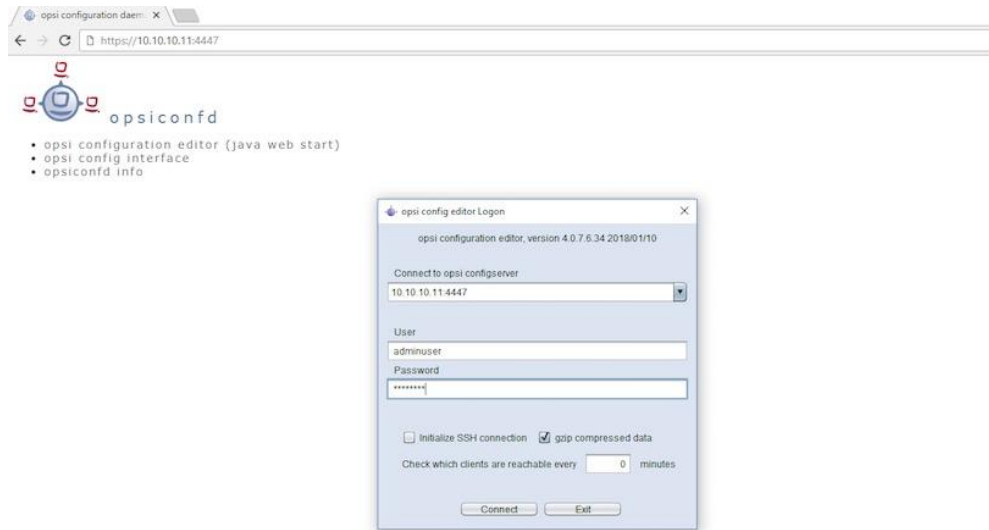
Kun OPSI on saatu asennettua palvelimelle onnistuneesti, ilman virheilmoituksia, voidaan suorittaa tiedosto, josta päästään OPSI:n hallintaportaaliin. OPSI:n graafisesta hallintaportaalista voidaan hallita asiakkaiden koneita. Nyt voidaan siirtyä Windows-käyttöjärjestelmällä varustetulle tietokoneelle, josta avataan Windows Explorer -niminen ohjelma. Tästä ohjelmasta navigoidaan palvelimen jaettuun kansioon ja suoritetaan service_setup.cmd-tiedosto (kuva 14). Tiedoston suorittamista varten pitää olla kirjautunut järjestelmänvalvojan tunnuksilla tietokoneelle.

Windows Explorer -ohjelman hakukenttään kirjoitetaan OPSI-palvelimen IP-osoite ja opsi_depot, joka on kansion nimi. Ennen tiedoston suorittamista pitää liittää jaettu hakemisto eli niin sanotusti "mountata".



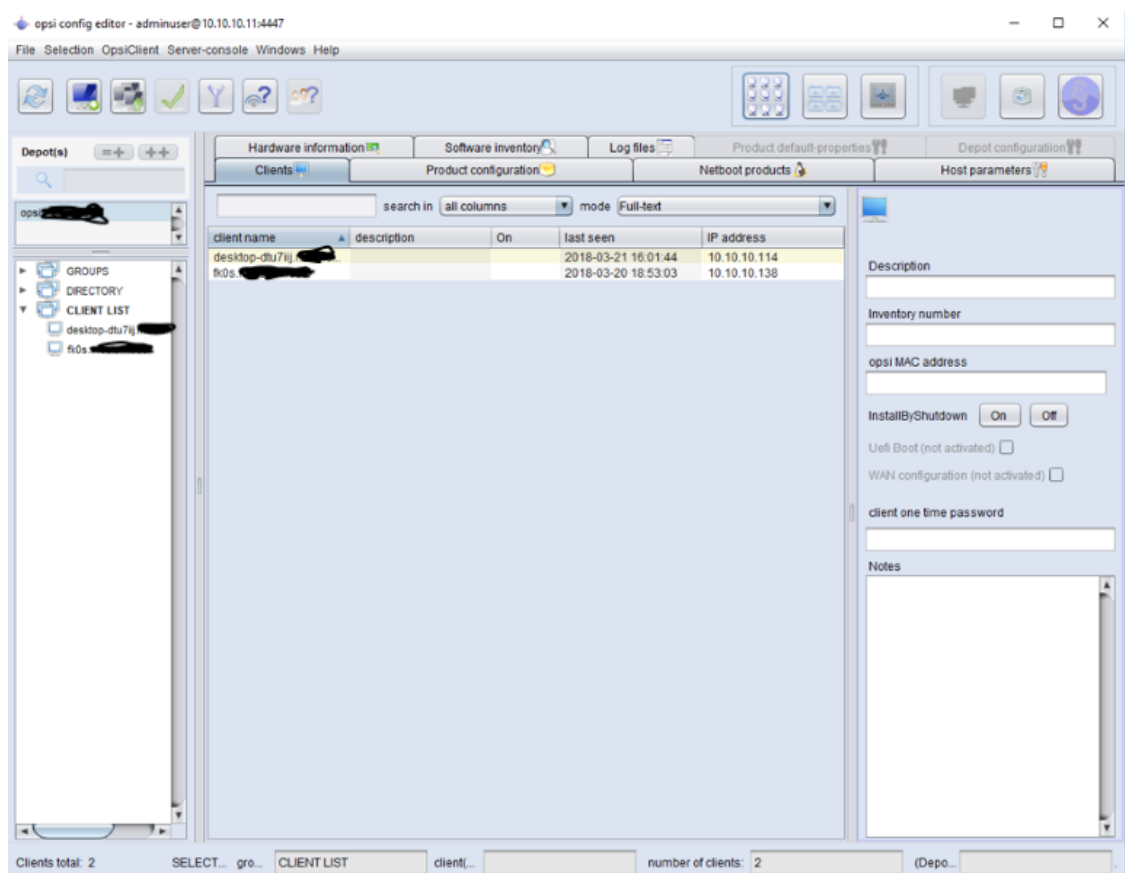
Kuva 14. Service_setup-tiedosto.

Kun tiedosto on suoritettu, mennään verkkoselaimella osoitteeseen <https://10.10.10.11:4447> kuvan 15 mukaisesti. IP-osoitteen jälkeinen numero on TCP-portin numero. Kirjaututaan adminuser-tunnuksilla ja avataan "opsi configuration editor java web start", minä jälkeen päästään hallintaliittymään. Tietokoneella, josta otetaan yhteys palvelimelle, pitää olla Java asennettuna.



Kuva 15. Google Chrome -selaimella käynnistetty "opsi configuration editor (java web start)".

Tämän jälkeen päästään OPSI:n hallintaliittymään (kuva 16).



Kuva 16. OPSI:n hallintaliittymä.

OPSI:n hallintaliittymään kirjaudutaan adminuser-tunnuksilla, joilla on tarvittavat oikeudet kaikkiin muokkauksiin. OPSI:n hallintaliittymä on selkeä ja helppokäyttöinen.

7 Tulokset ja yhteenveto

Insinööritoimiston projektissa saatiin tärkeä osa siirtymistä edistävää työtä eteenpäin, mutta ei kuitenkaan päästy täysin alussa asetettuihin tavoitteisiin. Tarkoitus oli asentaa Ubuntu-käyttöjärjestelmä palvelimelle, minkä jälkeen asennettaisiin OPSI-ohjelma palvelimelle. Näihin kahteen tavoitteeseen päästiin. Kolmas tavoite oli asentaa Windows 10 -käyttöjärjestelmä automatisoidusti OPSI:a hyödyntämällä. Kiireisen aikataulun takia tähän ei kuitenkaan päästy.

Kiireisen aikataulun vuoksi ei ehditty asentaa käyttöjärjestelmiä tietokoneisiin automatisoidusti. Käyttöjärjestelmän jakelun lisäksi olisi ollut hienoa automatisoida myös seuraavat asennukset:

- käyttöjärjestelmän päivitykset
- ohjelmien asennus
- toimialueeseen liittyminen
- konekohtaiset järjestelmävalvojan -käyttäjätilit
- laiteohjaimien asennus.

Ongelmat

Vaikka OPSI saatiin asennettua onnistuneesti, vastaan tuli muutama ongelma. Ensimmäinen oli tiedon niukkuus: esimerkiksi MDT:ssä on paljon enemmän tietoa kuin OPSI:ssa. OPSI on varsin tuntematon Suomessa, mutta laajemmin käytössä kotimaassaan Saksassa. Toinen ongelma liittyi Java Runtime Environmentin versioihin. Kun palvelimelle asennettiin Javan versio 8, se ei toiminut toivotulla tavalla. Ongelma korjaantui asentamalla uudempi versio eli Java Runtime Environment 9.

Yhteenveto

Insinööriyössä perehdyttiin ensin teorian pohjalta OPSI:iin ja Microsoftin tarjoamiin työkaluihin tietokoneiden käyttöjärjestelmän automatisointia varten. Käytössä olleen MDT-palvelimen kautta asennettiin käyttöjärjestelmiä tietokoneille. Myös USB-asemalta asennettiin työasemiin käyttöjärjestelmä.

OPSI:n asennuksen yhteydessä tutustuttiin Ubuntu-käyttöjärjestelmään, terminaaliin ja komentoihin. Aluksi oli hieman vaikea käyttää pelkästään komentoja, kun on tottunut graafiseen käyttöliittymään.

Asiakasorganisaatiolle ei saatu luotua täysin toimivaa ja vaatimuksia vastaavaa järjestelmää työasemien asennuksen automatisointiin. Työn pohjalta pystytään asentamaan OPSI tulevalle palvelimelle. Nykyisessäkin muodossa järjestelmän ylläpito ei aiheuta lisäkustannuksia, ja kun MDT:stä luovutaan, voidaan saavuttaa pieniä säästöjä.

Lähteet

- 1 Tamminen, Timo. 2018. Windowsin markkinaosuus laski historiallisen huonoksi – vielä ei ole syytä huoleen. Verkkoaineisto. <www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/windowsin-markkinaosuus-laski-historiallisen-huonoksi-viela-ei-ole-syyta-huoleen-6704426>. 1.3.2018. Luettu 3.3.2018.
- 2 Microsoft esitteli Windows 10 S -käyttöjärjestelmän. 2017. Verkkoaineisto. Muropaketti. <www.muropaketti.com/tietotekniikka/tietotekniikkauutiset/microsoft-esitteli-windows-10-s-kayttojarjestelman>. Luettu 3.3.2018.
- 3 Compare Windows 10 Professional, Enterprise and Education editions. Verkkoaineisto. Microsoft. <www.microsoft.com/en-my/windowsforbusiness/compare>. Luettu 5.3.2018.
- 4 Windows 10:n tekniset tiedot ja järjestelmävaatimukset. Verkkoaineisto. Microsoft. <www.microsoft.com/fi-fi/windows/windows-10-specifications>. Luettu 5.3.2018.
- 5 Esittely. Verkkoaineisto. Ubuntu. <www.ubuntu-fi.org/esittely>. Luettu 15.3.2018.
- 6 Linus Torvalds. 2018. Verkkoaineisto. Wikipedia. <www.fi.wikipedia.org/wiki/Linus_Torvalds>. Luettu 15.3.2018.
- 7 Ubuntun esittely. 2016. Verkkoaineisto. Wikikirjasto. <www.fi.wikibooks.org/wiki/Ubuntu_tutuksi/Ubuntu>. Luettu 30.3.2018.
- 8 Käyttöjärjestelmä ja käyttöliittymä. Verkkoaineisto. Opiskelijan digitaidot. <www.blogs.helsinki.fi/opiskelijan-digitaidot/1-tietokoneen-kayton-perusteet/1-1-tietokoneen-toimintaperiaate/kayttojarjestelma-ja-kayttoliittyma/>. Luettu 25.3.2018.
- 9 Opsi Getting Started opsi-Version 4.0.7. Verkkoaineisto. Uib gmbh. <www.download.uib.de/opsi_stable/doc/opsi-getting-started-stable-en.pdf>. Luettu 23.2.2018.